

# PREDIKSI CURAH HUJAN BULANAN MENGGUNAKAN METODE KALMAN FILTER DENGAN PREDIKTOR SST NINO 3.4 DIPREDIKSI

Restu Tresnawati<sup>1)</sup>, Tri Astuti Nuraini<sup>2)</sup>, Wido Hanggoro<sup>3)</sup>  
<sup>1,2,3</sup> Puslitbang BMKG

## ABSTRAK

*Prediksi Curah Hujan Bulanan di daerah Purbalingga telah dilakukan menggunakan metode Kalman Filter dengan Prediktor SST 3.4. Validasi terhadap prediksi tiga tahun kebelakang (hindcast) 2006, 2007, 2008 menunjukkan nilai koefisien korelasi mencapai 75%. Untuk memperoleh nilai prediktor SST Nino 3.4 diprediksi menggunakan metode ARIMA. Validasi prediksi SST Nino 3.4 selama tiga tahun periode pengujian menunjukkan pada tahun 2006  $r=0.91$ , 2007  $r=0.64$  dan 2008  $r=0.82$ .*

**Kata kunci :** Kalman Filter, Prediksi SST, SST Nino 3,4, ARIMA

## ABSTRACT

*Monthly Rainfall Prediction in the area Purbalingga been performed using the method of Kalman Filter with SST Predictor 3.4. Validation of predictions three years before (hindcast) 2006, 2007, 2008 showing the correlation coefficient reached 75%. To obtain Nino 3.4 SST predictor values predicted using ARIMA method. Validation of Nino 3.4 SST predictions for three-year testing period in 2006 showed  $r = 0.91$ , 2007 and 2008,  $r = 0.64$   $r = 0.82$*

**Key words :** Kalman Filter, SST Prediction, SST Nino 3.4, ARIMA

---

Naskah masuk : 20 September 2010

Naskah diterima : 15 November 2010

---

## I. PENDAHULUAN

Posisi geografis Indonesia terletak di antara Samudera Hindia dan Samudera Pasifik dan di antara Benua Asia dan Benua Australia serta berada pada ekuator. Kondisi ini menyebabkan cuaca, musim dan iklimnya dipengaruhi oleh sirkulasi atmosfer global, regional dan lokal, seperti sirkulasi utara-selatan (*Hadley*), sirkulasi barat-timur (*Walker*) dan sistem angin lokal. Gangguan terhadap salah satu sistem sirkulasi ini akan mempengaruhi cuaca dan iklim di Indonesia<sup>1)</sup>.

Salah satu faktor yang berpengaruh terhadap kondisi cuaca dan iklim adalah SST (*Sea Surface Temperature*). Laut merupakan sumber uap air utama untuk segala proses yang terjadi di atmosfer. Semakin hangat SST maka akan makin banyak juga uap air yang didistribusikan ke atmosfer sehingga akan semakin besar juga kemungkinan terjadinya hujan<sup>2)</sup>. Menurut Hendon<sup>3)</sup>, terdapat korelasi yang kuat antara curah hujan dengan SST (SST local dan pasifik) untuk wilayah Indonesia.

Suhu air laut terutama lapisan permukaan, ditentukan oleh pemanasan matahari yang intensitasnya senantiasa berubah terhadap waktu. Perubahan suhu ini dapat terjadi secara musiman, tahunan, dan jangka panjang. Menurut Bony *et al*<sup>4)</sup>, SST di bawah 29,6 °C, jumlah curah hujan meningkat seiring dengan peningkatan SST. Peningkatan tersebut tidak *linier*. Di atas 29,6 °C peningkatan dari SST menyebabkan penurunan jumlah curah hujan *maksimum*. Berdasarkan hasil penelitian Aldrian dan Susanto<sup>5)</sup>, yang mengidentifikasi wilayah Indonesia menjadi 3 daerah curah hujan dominan (daerah A, B, dan C) dengan daerah intermedit ditengahnya, untuk daerah A ada perbedaan jelas antara musim kemarau dan hujan. SST dan jumlah curah hujan berkurang dari Januari ke Agustus dan meningkat dari Agustus ke Desember. Secara umum, MAM adalah musim yang paling tak bereaksi, dengan paling sedikit nilai korelasi penting di semua tiga daerah. Korelasi yang tinggi dari Juni sampai November di sebagian besar Indonesia,

menyarankan suatu kemungkinan baik untuk prediksi musiman dengan menggunakan nilai SST<sup>5)</sup>.

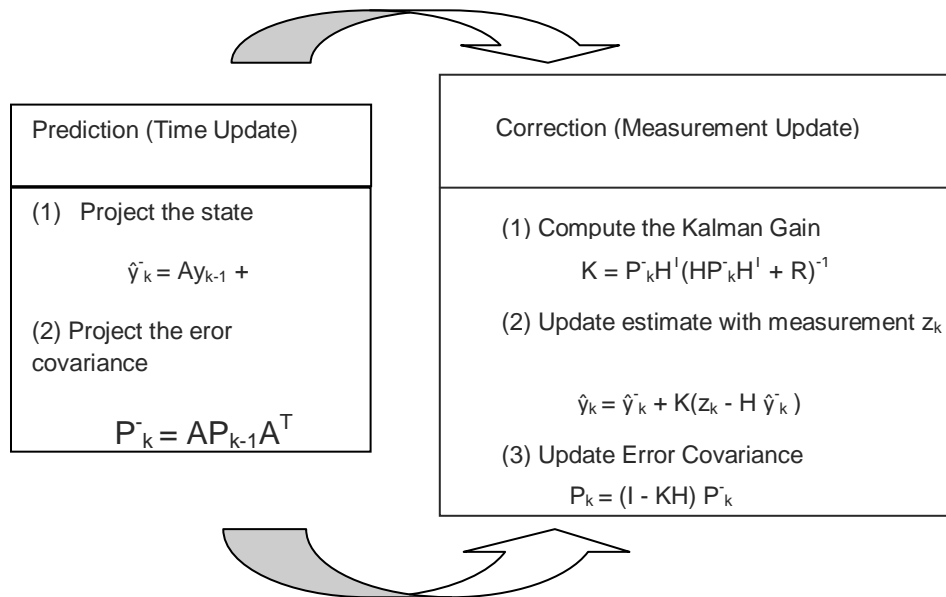
Prakiraan curah hujan secara terperinci sampai ke wilayah-wilayah masih sangat sedikit. Penelitian tentang prakiraan curah hujan untuk suatu wilayah sangat dibutuhkan untuk menunjang pembangunan di berbagai bidang, termasuk bidang pertanian. Dalam penelitian yang telah dilakukan oleh Estiningtyas<sup>6)</sup>, 2008 salah satu metode yang dapat dilakukan dalam peramalan curah hujan adalah metode kalman filter, dimana Kalman Filter mempunyai kemampuan memprediksi curah hujan tidak hanya menggunakan input curah hujan saja, melainkan dapat mempertimbangkan faktor prediktor lain yang mempengaruhi salah satunya yaitu SST Nino 3.4. Sebagai salah satu input prediktor dalam metode Kalman Filter maka panjang periode data SST Nino 3.4 juga sangat diperlukan selain juga panjang periode data curah hujan. Data SST Nino 3.4 yang diperlukan adalah selama panjang tahun data input, dan SST prediksi yang biasanya dapat diekstrak dari gambar Consolidated SST Forecasts melalui <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/predictions/90day/tools/briefing/ssttt.gif>.

Namun data prediksi SST Nino 3.4 tersebut tidak dapat merepresentasikan dengan baik untuk waktu yang akan datang, hal ini merupakan keterbatasan pengukuran sehingga prediksi curah hujan dengan kalman filter tidak dapat dilakukan untuk masa yang akan datang dari waktu sekarang jika salah satu variabel input yang diminta adalah SST Nino 3.4

Mendasari pada masalah diatas, dalam penelitian ini mencoba untuk memprediksi SST Nino 3.4 dari waktu sekarang menjadi waktu yang akan datang dengan menggunakan model statistik Time Series (ARIMA), sehingga didapat prediksi SST Nino 3.4 beberapa waktu kedepan yang akan digunakan dalam peramalan Curah Hujan menggunakan metode Kalman Filter. Beberapa skenario time lag dalam hubungan SST Nino 3.4 terhadap variasi curah hujan telah dilakukan pada time lag 0-3, pada

kasus SST Nino 3.4 diprediksi ARIMA ini diujicobakan untuk time lag 0. Kalman filter adalah suatu persamaan matematika yang menghasilkan perhitungan efisien (rekursi) dalam arti mengestimasi *state* proses, dengan cara meminimalisasi *mean* kuadrat error. Filter ini mempunyai kegunaan di banyak aspek, dengan kemampuan perhitungan masa lampau, sekarang dan yang akan datang, dan dapat juga dilakukan jika ketepatan dari suatu sistem tidak diketahui.

Secara teori Kalman filter mempunyai dua tahapan yang berbeda yaitu *Predict* dan *Update*. Tahapan pertama yaitu *Predict* menggunakan estimasi *State* dari tahap waktu sebelumnya untuk menghasilkan estimasi *State* pada tahap waktu sekarang, namun tidak termasuk informasi dari observasi di dalamnya, Pada tahapan *Update*, “*a priori prediction*” dikombinasikan dengan informasi observasinya untuk penghalusan tahapan estimasi, perbaikan estimasi yang dihasilkan disebut sebagai estimasi “*posteriori*”.



Gambar.1 Persamaan Kalman Filter<sup>7)</sup>

Sedangkan metode ARIMA yang merupakan bagian dari time series dipilih untuk memprediksi SST Nino. 3.4 karena dipandang mampu menemukan suatu model yang akurat yang mewakili pola masa lalu dan masa depan dari suatu data time series  $Y_t = \text{Pattern} + e_t$ , di mana polanya bisa random, seasonal, trend, cyclical, promotional, atau kombinasi pola-pola tersebut. Model ARIMA pada time series

dibuat oleh Box dan Jenkins pada tahun 1970, menggunakan 3 proses iteratif<sup>8)</sup>.

## II. METODOLOGI

Lokasi daerah yang dilakukan dalam penelitian ini adalah daerah purbalingga Jawa Tengah dan untuk data SST Nino 3.4 mengambil dari <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/sstoi.indices>

Analisis dilakukan dengan dua tahapan yaitu : 1) SST Nino 3.4 diprediksi

menggunakan ARIMA dan 2) Prediksi Curah Hujan dengan Kalman Filter menggunakan data SST Nino 3.4 hasil prediksi ARIMA yang mempunyai nilai terbaik.

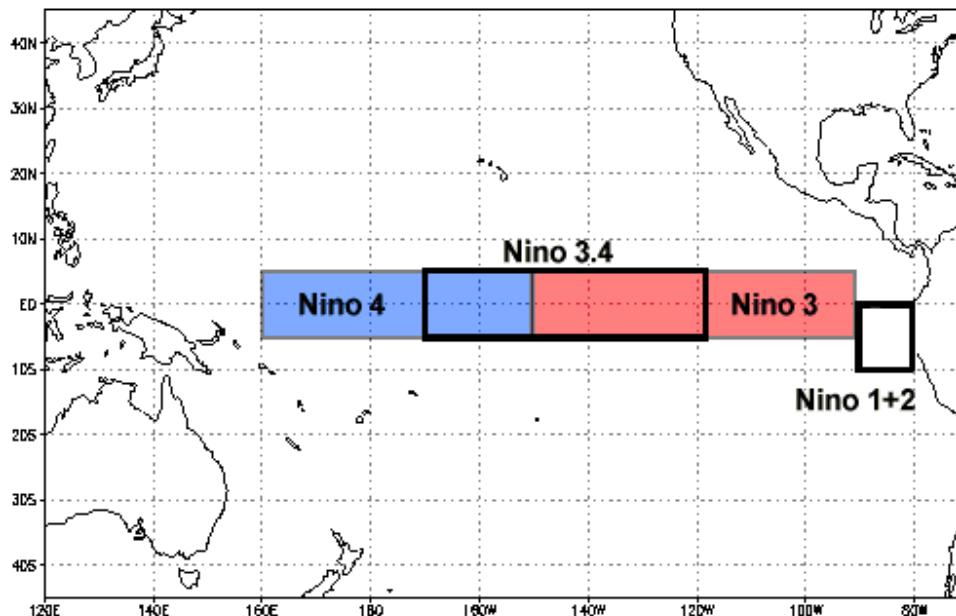
## 2.1 Prediksi SST Nino 3.4 menggunakan ARIMA

Salah satu parameter yang diamati berkaitan dengan variabilitas iklim di wilayah Indonesia adalah Nino 3.4 ( $5^{\circ}\text{N}$ – $5^{\circ}\text{S}$ ,  $120^{\circ}$ – $170^{\circ}\text{W}$ ). Menurut Trenberth<sup>9)</sup>, perubahan nilai SST di daerah tersebut dapat mengakibatkan penyimpangan iklim di sekitar pantai barat Peru dan di wilayah Indonesia. Lebih jelas lagi dikatakan bahwa anomali SST di sekitar region Nino 3.4 yang mempunyai nilai  $0.4^{\circ}\text{C}$  selama 5 bulan atau lebih dapat menyebabkan El Nino.

Suatu data SST Nino 3,4 dapat dipandang secara runtun waktu nonstasioner sehingga pada data ini diujicobakan dengan metode ARIMA yang merupakan bagian dari Time Series untuk melihat pola masa lampau dan kemudian merepresentasikan pola masa yang akan datang untuk memprediksinya

Analisis menggunakan software minitab 13 untuk data SST Nino 3.4 selama 20 tahun dengan pengambilan sampling tiga periode tahun yang berbeda yaitu SST Nino 3.4 tahun 1986-2005, 1987-2006 dan 1988-2007. Ketiga periode tahun tersebut diplot dalam Time Series yang menunjukkan bahwa data tersebut nonstasioner kemudian proses differensiasi yang bertujuan menstasionerkan data nonstasioner (*reduce to stationary*). Dengan melihat hasil pada Autocorrelation Function (ACF) dan Partial Autocorrelation Function (PACF) didapat derajat (q) untuk MA dan derajat (p) untuk AR .

Model ARIMA dapat ditulis sebagai Model **ARIMA (p,d,q)** yang merupakan model campuran antara model Autoregressive (AR) berordo p dengan moving average (MA) berordo q yang mengalami pembedaan (difference) sebanyak d kali.



Gambar 2. Posisi Nino 3,4

Sumber : [www.srh.noaa.gov](http://www.srh.noaa.gov)

**ARIMA(p,d,q)(P,D,Q)T** merupakan model campuran antara model Autoregressive (AR) berordo p dengan moving average (MA) berordo q yang mengalami difference sebanyak d kali dan model campuran antara model musiman Autoregressive (AR) berordo P dengan moving average musiman (MA) berordo Q yang mengalami seasonal difference sebanyak D kali dengan periode musiman T.

Persamaan Umum ARIMA

$$\phi_p(B)(1-B)^d Z_t = \theta_0 + \theta_q(B)a_v$$

Dimana,  $\phi_p(B)$  adalah operator stasioner AR dan  $\theta_q(B)$  operator invertible MA

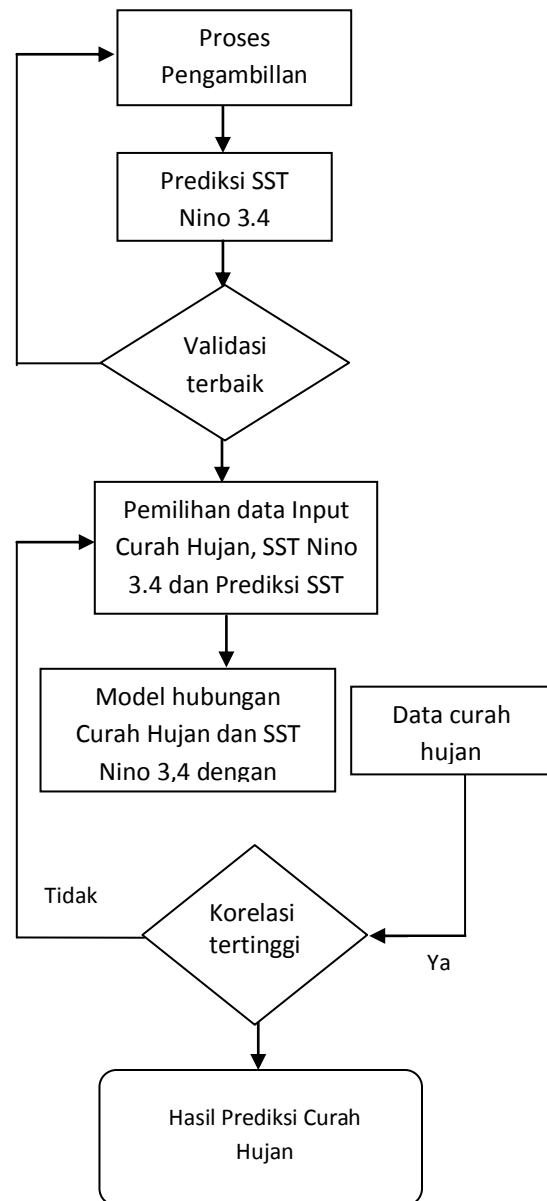
(W.S. Wei, William<sup>10)</sup>)

## 2.2. Prediksi Curah Hujan dengan Kalman Filter menggunakan data SST Nino 3.4 hasil prediksi ARIMA

Adanya hubungan yang erat antara curah hujan dan SST Nino 3.4 digunakan sebagai dasar untuk menyusun model prediksi curah hujan dengan Kalman Filter. Berdasarkan hasil penelitian Hendon<sup>2)</sup> diketahui bahwa variabilitas SST Nino 3.4 mempengaruhi 50% variasi curah hujan seluruh Indonesia sedangkan variabilitas SST di Laut India 10-15%

Kalman Filter berkaitan dengan pengembangan model peramalan statistik autoregressive menggunakan teknik umpan balik (*recursive*) dalam mengintegrasikan data pengamatan terbaru ke dalam model untuk memperbaharui (*update*) prediksi sebelumnya dan melanjutkan prediksi ke beberapa tahun ke depan<sup>11)</sup>. Analisis dilakukan menggunakan Matlab versi 6.5.1 dengan terlebih dahulu memproses variabel input model yaitu curah hujan, SST Nino 3.4 dan SST Nino 3.4 tahun prediksi yang telah diperoleh melalui analisis ARIMA dengan memilih data prediksi SST Nino 3.4 terbaik.

Dari input data diatas menghasilkan data output berupa prediksi curah hujan, namun sebelum digunakan untuk prediksi, model terlebih dahulu divalidasi dengan tiga persamaan, yaitu : ARMAX, Box Jenkins (BJ) dan Output Error (OE). Persamaan terbaik ditentukan berdasarkan nilai koefisien korelasi validasi tertinggi.



Gambar 3. Diagram Alur

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. SST Nino 3.4 diprediksi menggunakan ARIMA

Prediksi SST Nino 3.4 dengan tujuan mempermudah proses peramalan curah hujan dengan Kalman Filter untuk percepatan peramalan beberapa waktu ke

depan. Prediksi SST Nino 3.4 dilakukan untuk jangka waktu 1 tahun, pengambilan sampling tiga periode tahun yang berbeda yaitu SST Nino 3.4 tahun 1986-2005, 1987-2006 dan 1988-2007 sehingga menghasilkan prediksi SST Nino 3.4 pada tahun 2006, 2007 dan 2008

Tabel.1 Hasil prediksi SST Nino 3.4 dengan ARIMA untuk daerah Purbalingga

SST Obs2006	SST PredARIM A (2,1,2) 2006	SST Obs2007	SST PredARIM A (3,1,3) 2007	SST Pred2008	SST PredARIM A (2,1,2) 2008
25.64	27.07	27.26	27.35	24.71	26.59
26.08	27.12	26.81	27.28	24.83	26.73
26.57	27.16	27.18	27.23	26.07	26.85
27.59	27.18	27.78	27.19	26.83	26.94
27.91	27.20	27.57	27.15	27.18	27.00
27.85	27.21	27.55	27.13	27.17	27.04
27.35	27.21	26.79	27.11	27.19	27.06
27.22	27.22	26.2	27.10	26.85	27.06
27.34	27.22	25.77	27.08	26.44	27.06
27.47	27.22	25.22	27.08	26.33	27.05
27.73	27.22	25.06	27.07	26.3	27.04
27.76	27.22	24.97	27.06	25.74	27.03
<b>korelasi</b>		<b>korelasi</b>		<b>Korelasi</b>	
<b>0.91</b>		<b>0.64</b>		<b>0.82</b>	

Hasil prediksi SST Nino 3.4 dengan ARIMA pada tiga periode seperti pada Tabel. 1 memperlihatkan korelasi dengan data observasinya lebih dari 60% sehingga dapat dikatakan pola hasil prediksi mengikuti pola observasinya.

Dihasilkannya prediksi SST Nino 3.4 yang mempunyai korelasi cukup baik pada Tabel.1 maka dapat diujicobakan sebagai input peramalan curah hujan dengan Kalman Filter

#### 3.2. Prediksi Curah Hujan dengan Kalman Filter menggunakan data SST Nino 3.4 hasil prediksi ARIMA

Peramalan curah hujan dengan metode Kalman Filter dilakukan untuk periode yang sama dengan data SST hasil prediksi ARIMA yaitu peramalan untuk tahun 2006, 2007 dan 2008. Untuk mengetahui karakteristik model maka dilakukan validasi dengan membandingkan antara data observasi dengan data hasil peramalan. Dalam penelitian ini validasi dilakukan untuk 12 bulan yaitu bulan Januari – Desember 2006, Januari – Desember 2007 dan Januari –Desember 2008. Hasil validasi

pada tabel.2 menunjukkan nilai koefisien korelasi (r) validasi tertinggi untuk tahun 2005,2006 dan 2007 adalah model OUTPUT ERROR (OE) yaitu sebesar 49.32%,82.93% dan 62,33%. Nilai r yang tinggi menunjukkan bahwa pola penyebaran hujan hasil validasi (gambar.3) akan menyebabkan data hasil prediksi mirip dengan data pengamatan.

Hasil prediksi hujan yang telah didapat melalui pengerjaan Kalman Filter dengan memasukkan input: Curah Hujan 20 tahun sebelumnya, SST Nino 3.4 sepanjang 20 tahun sebelumnya dan SST Nino 3,4

dprediksi dengan ARIMA pada tahun yang akan diprediksi curah hujannya, memperlihatkan korelasi koefisien model berkisar antara 70% - 89% dan r model mempunyai kisaran antara 39% - 79%. Nilai korelasi koefisien model dan r model tertinggi untuk tahun prediksi 2006, 2007 dan 2008 daerah purbalingga dimiliki pada model Box Jenkins, hal ini menunjukkan bahwa kondisi curah hujan beberapa waktu ke depan di daerah purbalingga dapat digambarkan oleh model Box Jenkins, namun hal ini tidak mutlak berlaku pada daerah yang lain.

Tabel.2 Hasil validasi Curah Hujan dengan SST Nino 3.4 diprediksi ARIMA untuk daerah Purbalingga

Tahun Validasi	Model terpilih	CorrCoef Model	r Validasi	r Model	RMSE	Fits
		(%)	(%)	(%)		(%)
2005	ARMAX	84.42	32.03	71.26	144.3	36.73
	BOX JENKINS	88.23	35.62	77.85	93.5	44.12
	OUTPUT ERROR	76.79	49.32	58.97	92.86	31.78
2006	ARMAX	81.4	75.8	66.26	53.75	35.27
	BOX JENKINS	86.02	57.48	73.99	98.26	39.52
	OUTPUT ERROR	75.17	82.93	56.51	41.7	31.3
2007	ARMAX	81.25	61.67	66.02	99.24	32.87
	BOX JENKINS	86.69	40.93	75.15	85.18	39.71
	OUTPUT ERROR	83.04	62.33	68.96	105.5	33.26

Validasi pada tabel. 2 menunjukkan bahwa koefisien korelasi model mempunyai nilai yang cukup baik yaitu dengan kisaran 75% - 88% artinya bahwa pola penggambaran

model mendekati nilai sebenarnya sehingga model tersebut layak untuk digunakan sebagai model prediksi.

Tabel.3 Hasil Prediksi Curah Hujan dengan SST Nino 3.4 diprediksi ARIMA untuk daerah Purbalingga

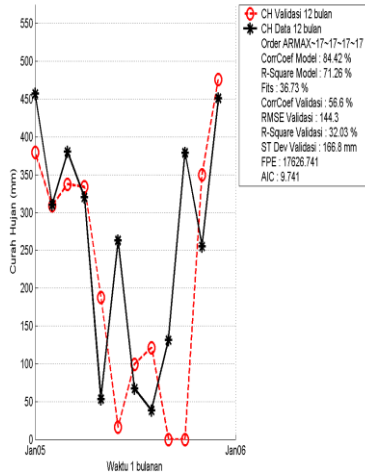
Bulan/ Tahun Prediksi	ARMAX				BOX JENKINS				OUTPUT ERROR			
	Prediksi CH (mm)	Corr Coef Model	r Model	Std Deviasi	Prediksi CH (mm)	Corr Coef Model	r Model	Std Deviasi	Prediksi CH (mm)	Corr Coef Model	r Model	Std Deviasi
Jan-06	515.8	84.03	70.62	159.7	507.7	87.32	76.25	169	372.1	82.2	67.56	147.1
Feb-06	348				391.6				296.9			
Mar-06	265.4				296				260.8			
Apr-06	337.1				380				172.7			
May-06	239.3				313.4				179.9			
Jun-06	62.83				137.8				81.23			
Jul-06	32.09				60.47				0			
Aug-06	86.63				0				0			
Sep-06	75.7				0				24.58			
Oct-06	164.3				132.6				148.6			
Nov-06	330.1				317.7				272.8			
Dec-06	449.3				366.9				450.7			
Jan-07	434.3	82.58	68.19	143.6	359.9	88.33	78.03	115.6	371.7	86.42	39.55	157.1
Feb-07	361.1				378.5				409.7			
Mar-07	363.6				271.4				436			
Apr-07	250.7				175.6				255.8			
May-07	145.9				204.3				151.1			
Jun-07	167.3				195.2				142.9			
Jul-07	35.59				75.8				0			
Aug-07	0				0				0			
Sep-07	0				63.88				5.904			
Oct-07	255.1				258.6				215			
Nov-07	174.5				251.7				273.5			
Dec-07	244.2				267.3				312.4			
Jan-08	391.7	83.36	69.66	127.1	397.4	89.04	79.29	162.8	304.1	84.3	71.06	133.9
Feb-08	289.9				436				313.6			
Mar-08	237.5				300.3				278.2			
Apr-08	193.2				184.7				178.2			
May-08	196.7				284.9				171.4			
Jun-08	103.5				108.1				7.64			
Jul-08	23.1				0				0			
Aug-08	0				10.59				0			
Sep-08	0				88.14				0			
Oct-08	72.34				97.94				22.24			
Nov-08	177.8				329.8				205			
Dec-08	293.3				449.6				297.9			



## Validasi 2005

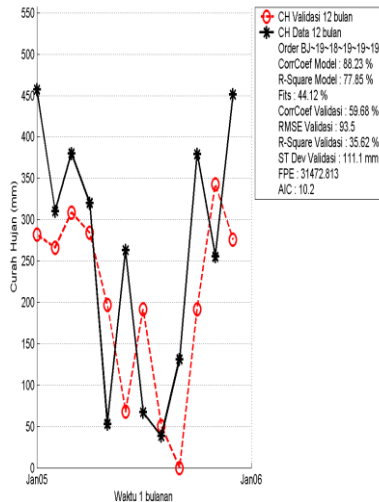
### ARMAX

Grafik Validasi Curah Hujan Metode Kalman Filter di purboinggo-1986-sstpredARIMAS



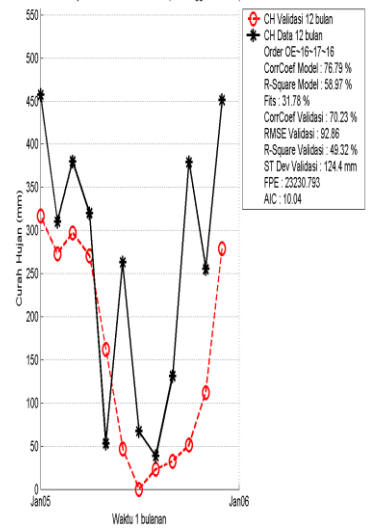
### BOX JENKINS

Grafik Validasi Curah Hujan Metode Kalman Filter di purboinggo-1986-sstpredARIMAS



### OUTPUT ERROR

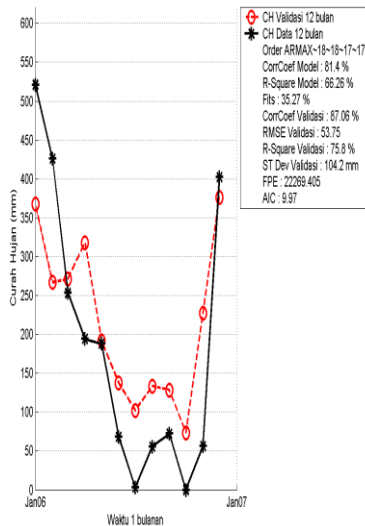
Grafik Validasi Curah Hujan Metode Kalman Filter di purboinggo-1986-sstpredARIMAS



## Validasi 2006

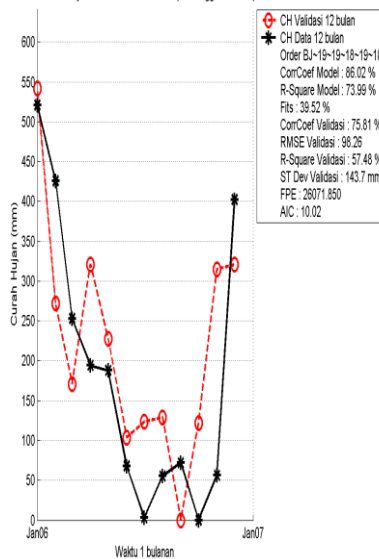
### ARMAX

Grafik Validasi Curah Hujan Metode Kalman Filter di purboinggo-1987-sstpredARIMAA



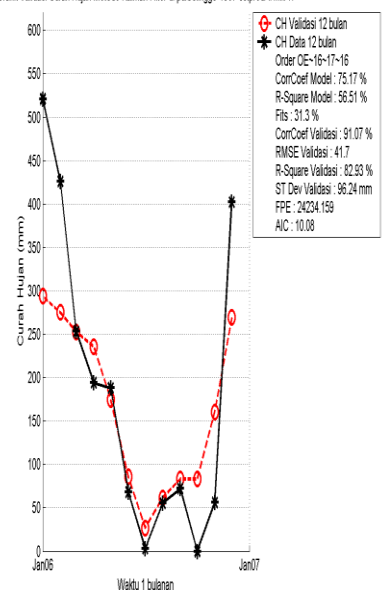
### BOX JENKINS

Grafik Validasi Curah Hujan Metode Kalman Filter di purboinggo-1987-sstpredARIMAA

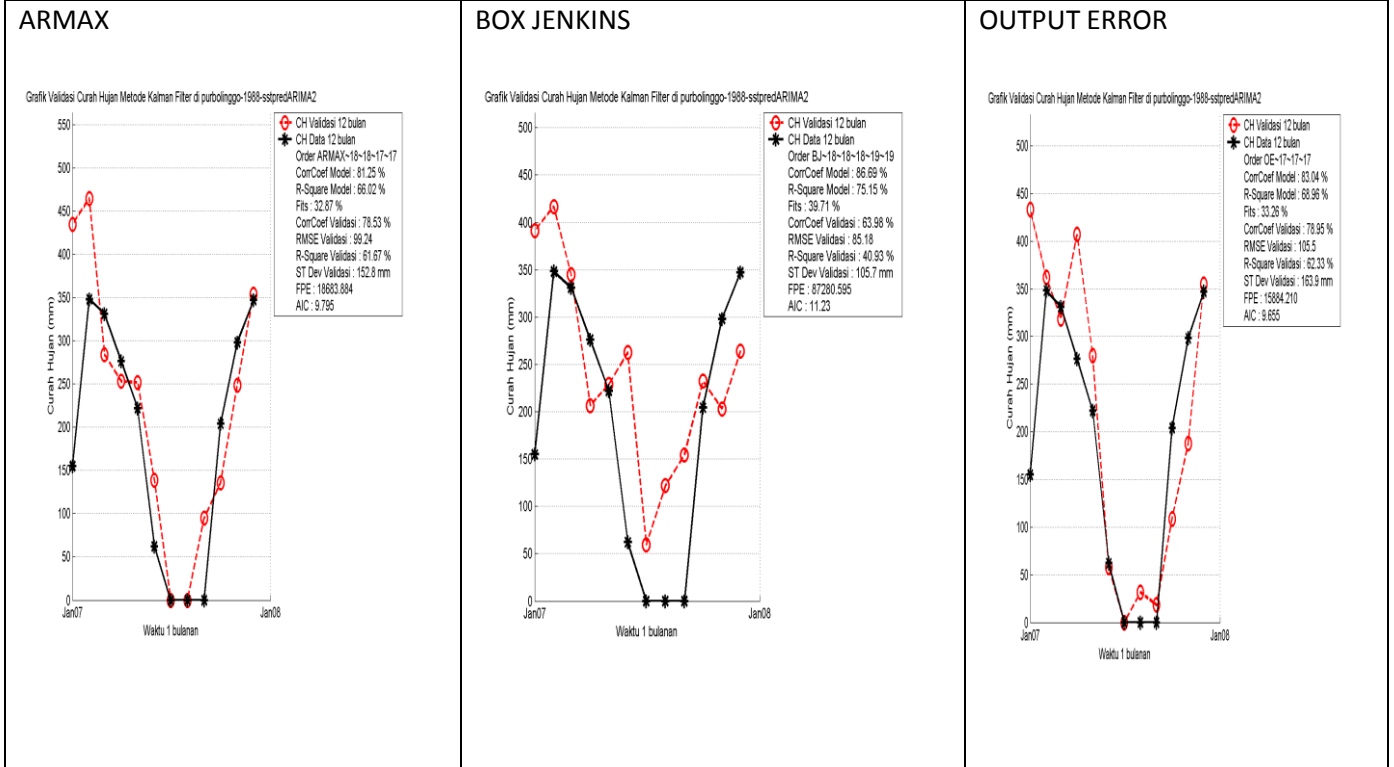


### OUTPUT ERROR

Grafik Validasi Curah Hujan Metode Kalman Filter di purboinggo-1987-sstpredARIMAA

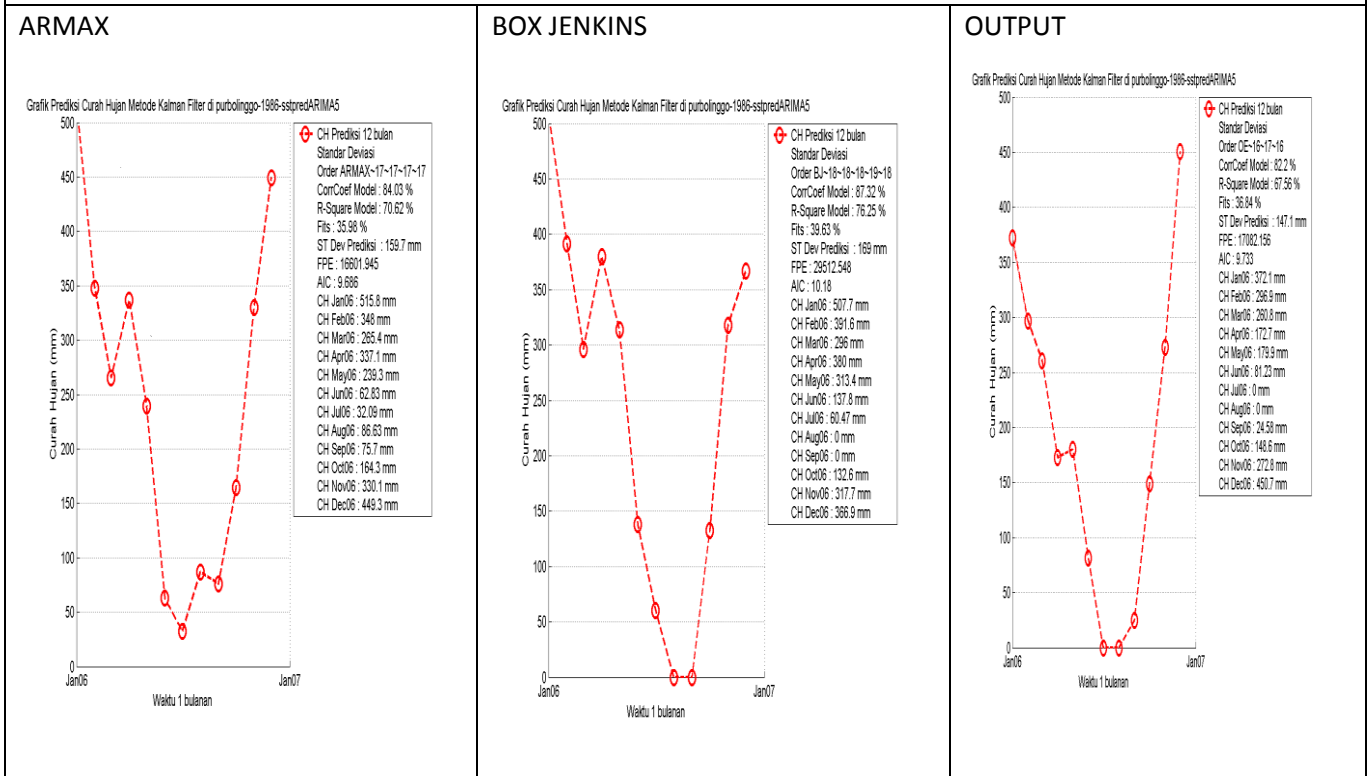


## Validasi 2007



Gambar. 3 Validasi curah hujan selama 12 bulan daerah Purbalingga

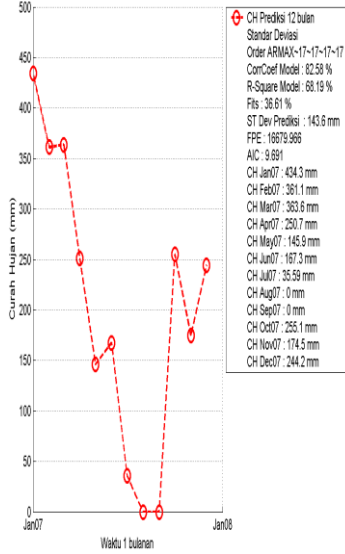
## Prediksi 2006



## Prediksi 2007

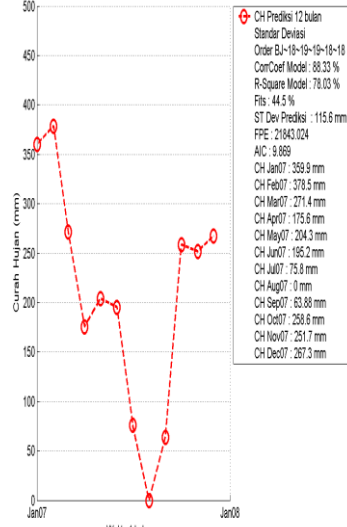
### ARMAX

Grafik Prediksi Curah Hujan Metode Kalman Filter di purbalinggo-1987-sstpredARIMA4



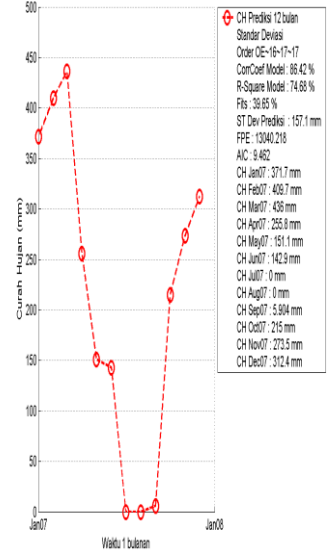
### BOX JENKINS

Grafik Prediksi Curah Hujan Metode Kalman Filter di purbalinggo-1987-sstpredARIMA4



### OUTPUT ERROR

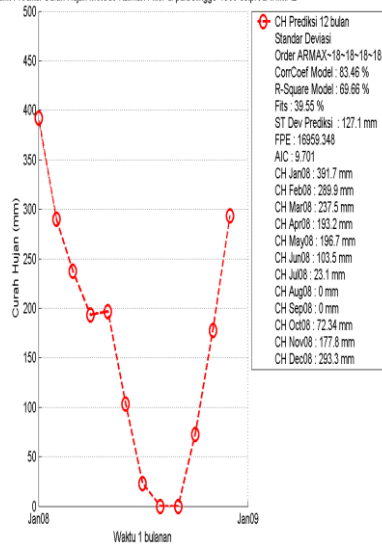
Grafik Prediksi Curah Hujan Metode Kalman Filter di purbalinggo-1987-sstpredARIMA4



## Prediksi 2008

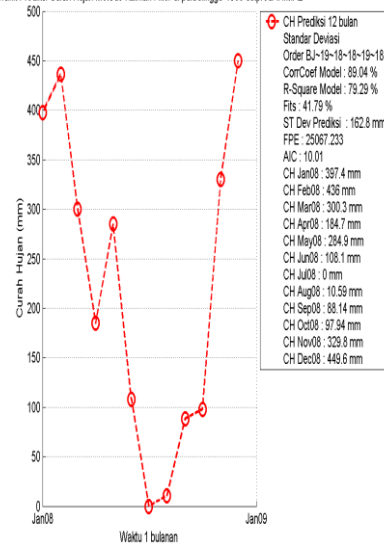
### ARMAX

Grafik Prediksi Curah Hujan Metode Kalman Filter di purbalinggo-1988-sstpredARIMA2



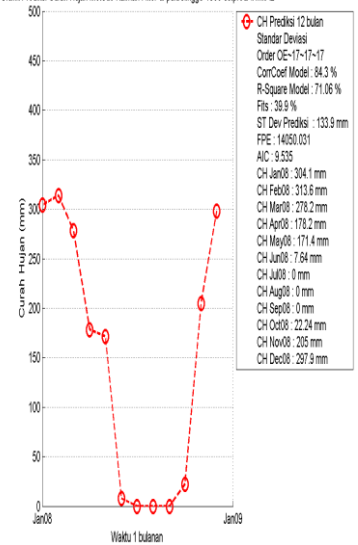
### BOX JENKINS

Grafik Prediksi Curah Hujan Metode Kalman Filter di purbalinggo-1988-sstpredARIMA2



### OUTPUT ERROR

Grafik Prediksi Curah Hujan Metode Kalman Filter di purbalinggo-1988-sstpredARIMA2



Gambar. 4 Prediksi curah hujan selama 12 bulan daerah Purbalingga

#### IV. KESIMPULAN

Prediksi curah hujan dengan Kalman Filter untuk daerah Purbalingga menghasilkan nilai koefisien korelasi antara 70% - 89% dan rmodel berkisar antara 39% - 79% , nilai ini menunjukkan bahwa prediksi yang dihasilkan sudah cukup baik dalam menggambarkan pola curah hujan yang sesungguhnya, oleh karena itu untuk melakukan prediksi curah hujan dengan Kalman Filter dimana salah satu inputnya adalah SST Nino 3.4 tidak perlu menunggu hingga data observasi SST Nino 3,4 di tahun prediksi yang tentunya bisa menyebabkan prediksi curah hujan dengan kalman filter menjadi terlambat.

Prediksi SST Nino 3.4 dengan ARIMA sudah dapat merepresentasikan gambaran SST Nino 3.4 dalam waktu kedepan walaupun dalam jangka waktu yang pendek. Hal ini sangat membantu dalam memprakirakan kondisi curah hujan beberapa waktu ke depan dengan Kalman Fiter, dimana konsep metode ini adalah memperhitungkan variabel lain sebagai koreksinya.

#### V. DAFTAR PUSTAKA

- 1) Mukarami, Takio dan Zadrach L. Dupe. 2000. Interannual Variability of Convective Intensity Index Over Indonesia and Its Relationship with Enso. *J. Meteorologi dan Geofisika*, Vol. 1, No. 4, p. 1-23.
- 2) Patridge et.al. 2004. Rainman User Guide. CSIRO
- 3) Hendon H. 2003. Indonesian Rainfall Variability : Impacts of ENSO and Local Air-Sea Interaction. *Journal of Climate* 16 : 1775 – 1790
- 4) Bony S, Lau KM, Sud YC. 1997. Sea Surface Temperature and Large-Scale Circulation Influences on Tropical Greenhouse Effect and Cloud Radiative Forcing. *Journal of Climate* 10: 2055–2077
- 5) Aldrian E, Susanto RD. 2003. Identification of Three Dominant Rainfall Regions within Indonesia and Their Relationship to Sea Surface Temperature. *Int J Climatology* 23: 1435–1452
- 6) Estiningtyas,W. Surmaini, E. dan Hariyanti, K.S .2008. “Penyusunan Skenario Masa Tanam Berdasarkan Peramalan Curah Hujan di Sentra Produksi Pangan” Balit Agroklimat dan Hidrologi Bogor. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika BMKG*, pp 20 – 32.
- 7) Welch, G dan G. Bishop. 2006. “An Introduction to The Kalman Filter”. Departement of Computer Science University of North Carolina ay Chapel Hill.
- 8) Box, G. Jenkins, G. dan Reinsel, G . 1994. “ Time Series Analysis : Forecasting and Control (3rd Edition)”. Prentice Hall.
- 9) Trenberth. 1997. The Definition of El Nino. *Bulletin of the American Meteorological Society*
- 10) W.S. Wei, William. 2006. “Time Series Analysis”. Departement of Statistics The Fox School of Business and Management Temple University, pp 68 – 86.
- 11) Kalman, R.E. 1960. “A new approach to linier filtering and prediction problem” . *Transaction of the ASME. Journal of Basic Engineering*, pp 35-45, March 1960